

MODELAMENTO GEOLÓGICO DA JAZIDA DE VERMICULITA COM PROGRAMA DATAMINE E SUA APLICAÇÃO NA EXPLORAÇÃO, QUEIMADA NOVA-PI.

TUMKUR RAJARAO GOPINATH¹, GRACÍLIO VARJÃO DE OLIVEIRA¹
& AARÃO DE ANDRADE LIMA¹

RESUMO

Jazidas de vermiculita da região de Paulistana de Piauí encontra-se associada as rochas ultramáficas encaixada por formações Proterozoica. Vermiculita ocorre disseminada de forma irregular. O depósito tem extensão de 2 km x 1,5 km e minério são explorados em forma de minas céu abertos. Devido irregularidade da jazida a exploração sistemática torna onerosa e de alto custo. Objetivo deste trabalho é para definir a forma exata de jazida de minério utilizando modelamento tri-dimensional e geoestatística. O estudo foi feito sobre uma sub-área na área de estudo. A espessura da vermiculita foi determinada com uma malha de 89 furos. A espessura de minério varia de 0,85 m a 19,39 m com uma média de 10,8 m. O coeficiente de variação obtido é de 36,54% mostrando variação considerável da espessura na jazida. O modelamento do depósito com programa *Datamine* foi elaborado utilizando espessura como variável. Os modelos três dimensionais que podem ser visualizados em qualquer angulo demonstra alto grau de irregularidade do deposito nos sentidos verticais e horizontais. A forma geométrica da jazida varia bastante refletindo origem da rocha que deu deposito. A natureza intrusiva das rochas portadores de vermiculita e modificados pela deformação estrutural resultou em a forma geométrica muita variada de jazida de vermiculita. Palavras-Chave: Vermiculita, Modelamento, Piauí

ABSTRACT

The vermiculite deposits of the Queimada Nova locality of the Paulistana region of Piauí State are associated with the ultramafic intrusives. The deposit has an extension of approximately 2000m x 1500 m and the mineral is explored in various open pit mines. Due to highly irregular nature of the deposit the systematic mining is becoming difficult. In this work an attempt has been made to define the deposit using the three dimensional modeling in a sub-area. The thickness was

determined through a total of 89 drill holes that were distributed in a grid pattern, covering an area of 300 m x 250 m. The thickness of vermiculite beds varies from a minimum of 0.85 m to a maximum of 19.39 m with a mean of 10.8 m. The coefficient of variation obtained was 36,54% indicating a relatively uniform thickness in this sub-area. Modeling of the deposit using Datamine Programme was carried out using 89 thickness data. The three dimensional model shows highly irregular nature of the deposit. and geometry of the deposit varies greatly, reflecting the apparent pinch and swell nature of the deposit resulting from intrusive in the form of dykes and sills in the study area and modified my structural deformation.

INTRODUÇÃO

A vermiculita é um aluminossilicato básico hidratado de magnésio, ferro e alumínio do grupo das micas. Contém pequena quantidade de cromo, manganês, fósforo, enxofre e cloro. Tem alta porosidade e baixa densidade. Apresenta estrutura cristalina micácea, lamelar com clivagem basal e contém cátions tocáveis em posições interlamelares. A estrutura cristalina comporta uma camada de molécula de água. A saída desta água por aquecimento rápido a uma temperatura elevada (até 1.100°C) provoca a esfoliação das palhetas. Tal processo denominado de expansão ou esfoliação pode provocar um aumento de até 30 vezes o volume original, ainda que o minério normalmente lavrado expanda em média de 8 a 12 vezes (Sousa Santos, 1975).

A vermiculita apresenta certas propriedades características das argilas, dentre as quais uma capacidade de troca iônica elevada, aptidão de formar complexos com substâncias orgânicas, uma distância variável entre as camadas da rede cristalina segundo a altura do cátion permutável. No seu estado natural, a vermiculita é fisicamente semelhante a outras micas, excetuando-se a propriedade de expansão. O produto expandido é de baixa condutividade térmica, acústica e elétrica, não se decompõe nem se deteriora, não é prejudicial à saúde, é inodoro, pode absorver até cinco vezes o seu peso em água, é lubrificante e tem características necessárias aos materiais filtrantes. O silicato complexo que constitui a vermiculita tem sido analisado para melhor conhecimento de suas características. Sua composição química é muito constante nas diversas ocorrências, as diferenças estão na análise do concentrado pois normalmente há inclusões de outros minerais. A vermiculita é resultado de alteração hidrotermal e alteração supergênea das rochas ultrabásicas ricas em piroxênios, anfíbios e olivinas. No Brasil ocorrem grandes jazidas nos estados de Goiás, Bahia, Paraná e Piauí (Parente 1997).

O objetivo principal deste trabalho é para elaborar um modelo geológico da jazida de vermiculita da região de Queimada Nova no estado do Piauí, usando o programa de modelamento DATAMINE como ferramenta. Ainda, desenvolver e aprimorar técnicas de análise e tratamento dos

dados, modelagem geológica e avaliação de recursos minerais e fazer estimativa de reserva baseado nos modelos, dessa forma otimizando o seu aproveitamento.

A geometria do corpo demonstra grande variação da espessura e teor, a distribuição irregular de teor e a estrutura complexa do depósito faz com que o uso do controle informatizado e tratamento dos dados geológicos para assegurar informações confiáveis ao planejamento de lavra (Fernandes 1982, Melo 1997).

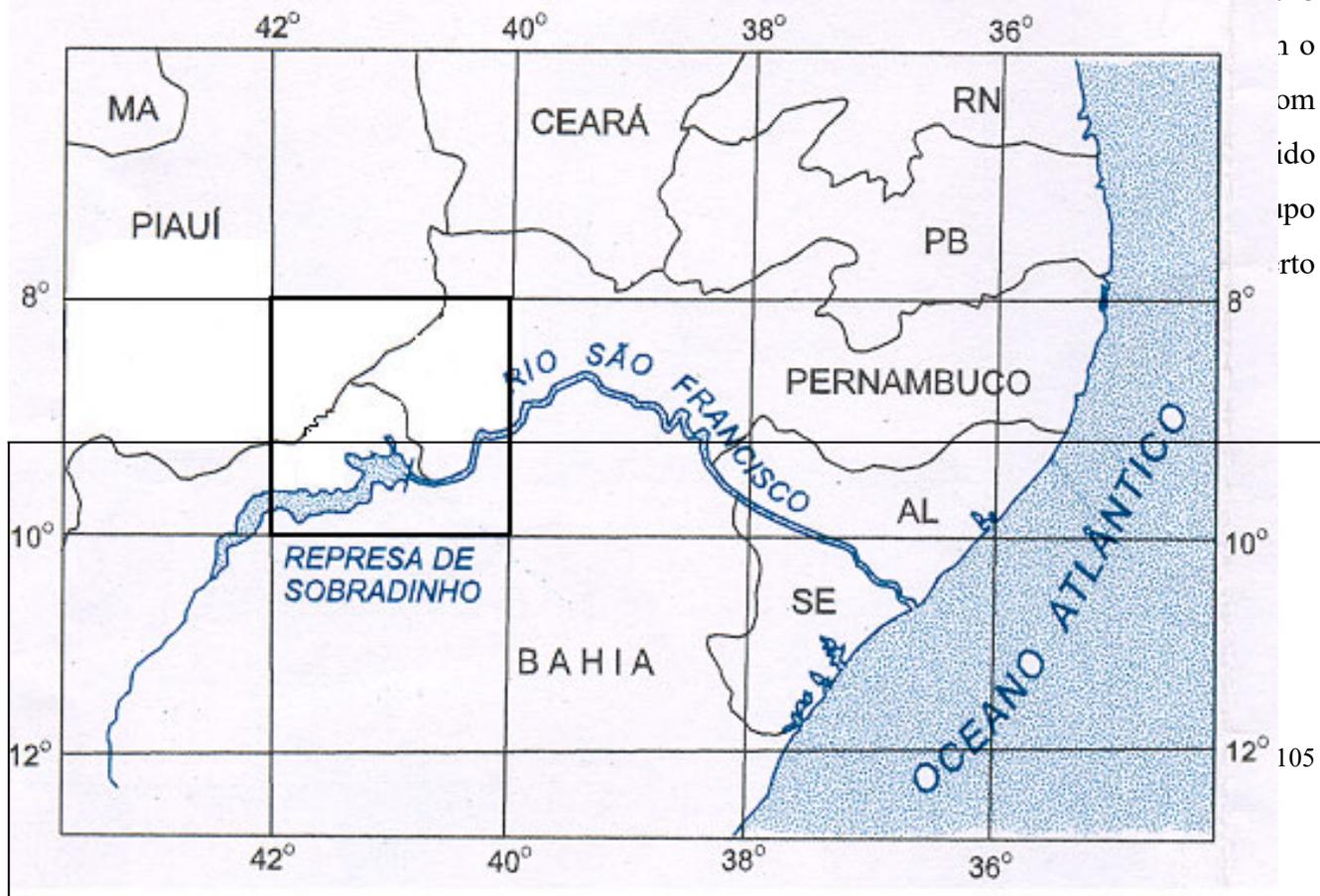
LOCALIZAÇÃO

A jazida de Vermiculita em estudo fica na localidade de Massapé, distrito de Queimada Nova, município de Paulistana, no sudeste do estado do Piauí, a 32 km de Afrânio. Apresenta as coordenadas: 9°24'00"S e 41°17'59".

O acesso pode ser realizado de duas maneiras: partindo-se de Teresina, percorre-se 324 km até Picos pelas BR – 316/343. De Picos até Afrânio (PE), percorre-se 200 km pela BR – 407. Até o local da jazida chega-se através de estrada carroçável, numa extensão de 26 km. Partindo-se de Recife, percorre 512 km até Salgueiro pela BR – 232. De Salgueiro até Afrânio, percorre-se 370 km pela BR – 407 (Fig.1).

GEOLOGIA LOCAL

A região de Paulistana – Afrânio que abrange a área da jazida de vermiculita é constituída por rochas pré-cambrianas indiferenciadas arqueanas e proterozóicas. A jazida é



10
om
ido
po
rto



Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

Conforme Roberto e Parente, as rochas vermiculíticas, que constituem o minério, são caracterizadas mineralogicamente por diversas associações de flogopita-vermiculita, piroxênio (diopsídio), anfibólio (hornblenda), hidrobiotita, alcalifeldspato e quantidades subordinadas de quartzo, apatita, titanita, turmalina e calcita. Observa-se um zoneamento vertical entre vermiculita-flogopita. Há o incremento de flogopita (rocha de cor verde escura bastante alterada), com o aumento da profundidade em detrimento das quantidades de vermiculita. Em muitos locais, é possível identificar magnetita finamente disseminada.

Esses jazimentos ocorrem principalmente sob a forma de bolsões e veios mineralizados nas proximidades dos contatos com as injeções pegmatóides. Nestes veios aparecem os mesmos minerais que os da rocha, embora com teores menores. A vermiculita surge como grandes placas de cor amarela a verde – bronze, atingindo proporção da ordem de 60%, enquanto anfibólio e piroxênio em cristais bem desenvolvidos atingem 30%, biotita, caulim e quartzo perfazem os 10% restantes. Enquanto nos veios pegmatóides a vermiculita apresenta granulação grossa constituindo livros que podem ter espessuras superiores a 10 centímetros, na rocha básica a granulação tende a ser fina.

Admite-se que a origem dos depósitos vermiculíticos estaria vinculada a fenômenos hidrotermais que iniciaram o processo de vermiculitização, posteriormente completada por águas superficiais. Entretanto, com base em dados oriundos das áreas de lavra, acredita-se que a vermiculita esteja relacionada à alteração das micas flogopita e biotita pela lixiviação dos álcalis por processos meteóricos (Parente e Oliveira, 1986). Na prospecção feita, constatou-se que com o aumento da profundidade surgem esses minerais em lugar da vermiculita.

METODOLOGIA

Aplicações do *Datamine Studio*

EXPLORAÇÃO (entrada de dados, estatística, edição de sondagens, modelamento geológico): O *Datamine* proporciona um conjunto de comandos para entrada e manipulação de dados associados há um amplo nível de capacidades estatísticas, gráficas e de processamento, especialmente projetados para dados geológicos e de mineração. Sondagem em qualquer orientação e com variações de azimute e de inclinação, são facilmente manejados, podendo combinar dados com diferentes intervalos da amostra (*Datamine, 2002*);

GEOESTATÍSTICA, MODELAMENTO DE BLOCOS, AVALIAÇÃO DE RESERVAS: O *Datamine* usa uma combinação de modelamento "Wireframes" (para superfícies e estruturas, etc.) e modelos de blocos para representar com exatidão estruturas geológicas e as variações de teores em uma jazida. As ferramentas para o modelamento de wireframes incluem um conjunto de algoritmos e operações booleanas que permitem combinar e dividir grupos de wireframes. Uma vez modeladas as estruturas, o *Datamine* pode converter as wireframes em modelo de bloco. O *Datamine* proporciona um amplo número de métodos de interpolação, tanto estatístico, como geoestatístico, incluindo técnicas para o desdobramento de estruturas complexas. (*Datamine, 2002*);

PLANEJAMENTO DE MINA A CÉU ABERTO (Otimização de pits, Planejamento a longo prazo, Projeto do *pit* com acessos): A otimização e planejamento de longo prazo consiste em tomar um modelo de jazida e convertê-lo em uma série de *pits*, complementemente planejados, que maximizam o valor presente do lucro líquido da mina (NPV), ao longo de sua vida útil, levando em conta os requerimentos e restrições da produção. (*Datamine, 2002*)

Análise e tratamento dos dados

Os dados de sondagem, entre eles: comprimento do furo, cota da abertura do furo, localização, litologias, onde foram condensados em quatro arquivos em uma planilha do *Microsoft Excel* no formato CSV, (separador por vírgulas): *assays, collars, geology, surveys*, estes arquivos estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1 – TIPOS DE ARQUIVO DE ENTRADA DE DADOS DE SONDAAGEM

Nome do arquivo	Tipo de arquivo
<i>collars</i>	Coordenadas x, y, z das "bocas" dos furos
<i>surveys</i>	Medidas de azimute e inclinação dos furos de sondagem

<i>assays</i>	Análises químicas das amostras
<i>geology</i>	Logs de sondagem com as litologias presentes

Os quatro arquivos foram importados para o *Datamine* e criados arquivos correspondentes que tem a forma de *collars.dm*; *surveys.dm*; *assays.dm* e *geology.dm*, no formato binário. Agora os arquivos de entrada foram agrupados e condensados em um só arquivo: **Holesc**. O arquivo **Holesc** contém a posição e orientação de cada furo de sondagem, e adicionalmente, informações de litologia, em 3 dimensões. A Figura 2 mostra a malha de sondagem e em cada ponto da malha coletada a espessura de vermiculita e amostras para análise granulométrica de minério.

Um banco de dados digital foi criado a partir das informações disponíveis e contém as informações sobre: localização geográfica da área, topografia do terreno, sondagem a trado, etc.

ELABORAÇÃO DO MODELO GEOLÓGICO TRI-DIMENSIONAL

A elaboração do modelo geológico tri-dimensional da jazida Lages obedeceu a seqüência abaixo:

- Interpretação vertical das litologias nos perfis geológicos: a modelagem da jazida foi baseada na interpretação das seções verticais norte/sul;
- Criação de modelos geométricos (*strings* e *wireframes*) dos depósitos a partir das interpretações verticais.

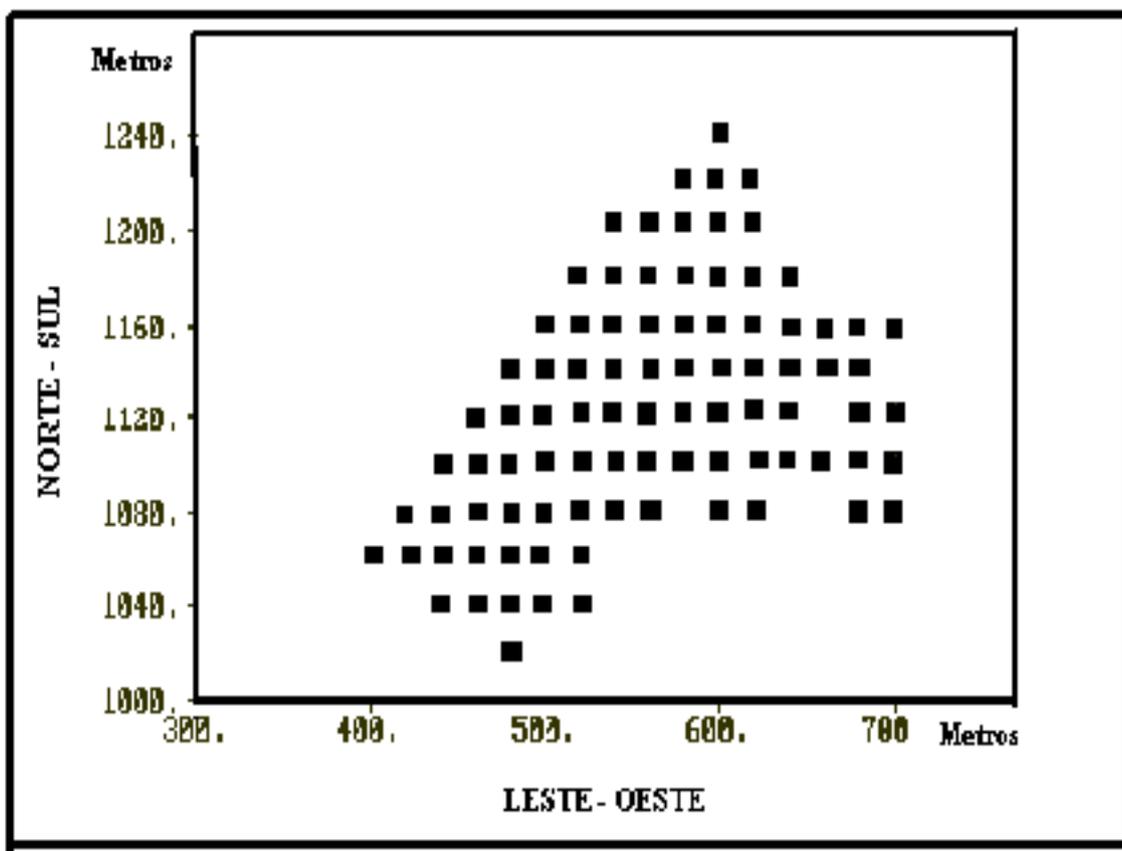


Figura 3 – Malha de furos de sondagens.

INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

Foram elaboradas *strings* contendo informações sobre a vermiculita e *strings* contendo informações sobre o capeamento, baseadas em seções verticais norte-sul e leste e oeste (Figuras 3 & 4). Essas poligonais foram usadas para a confecção da malha triangulada, base para o modelo geológico. A Figura 9 ilustra o perfil de duas poligonais.

MODELAGEM DO SÓLIDO

A superfície envolvente de uma jazida pode ser modelada como uma malha triangulada de pontos. O termo técnico usado no *software* para definir esse tipo de modelo chama-se *wireframe*. A partir da interpretação geológica, que resultou na criação das poligonais, parti-se para a criação das malhas trianguladas (*wireframe*).

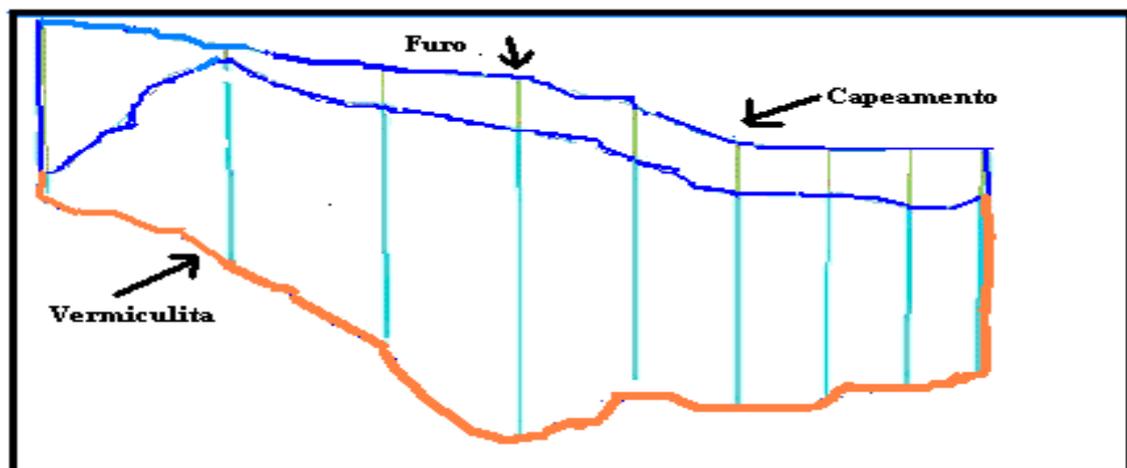


Figura 3 – Perfil leste-oeste do depósito.

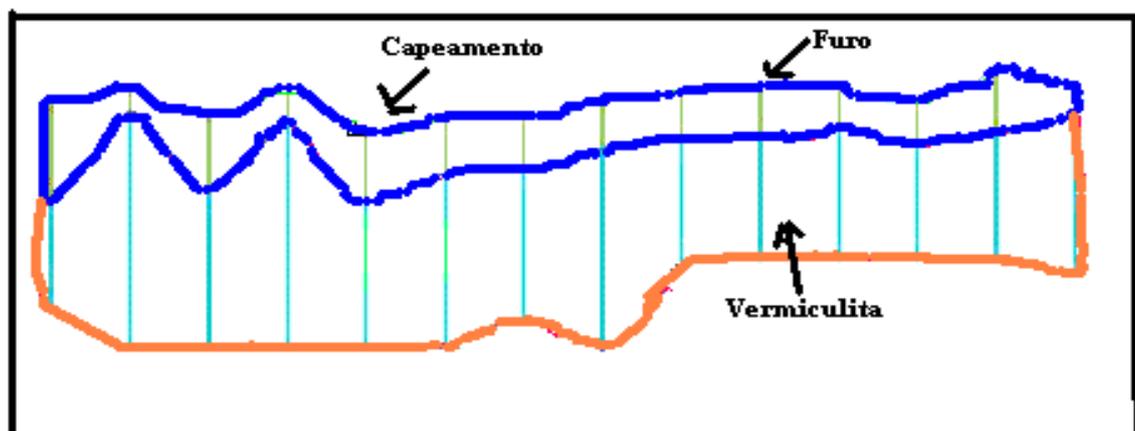


Figura 4 – Perfil norte-sul do depósito.

As *wireframes* de solo e de argila foram construídas a partir das *strings* desenvolvidas anteriormente, que são ligadas através de um algoritmo de triangulação automática de poligonais.

A partir da *wireframe*, o volume definido pelo contorno pode ser calculado com precisão. O modelo de *wireframe* representa a forma geométrica dos corpos e também permite a criação de modelo de blocos. As Figuras 5, 6, 7 e 8, delimita a jazida em 3 dimensões com a escala vertical ampliada (Oliveira, 2003).

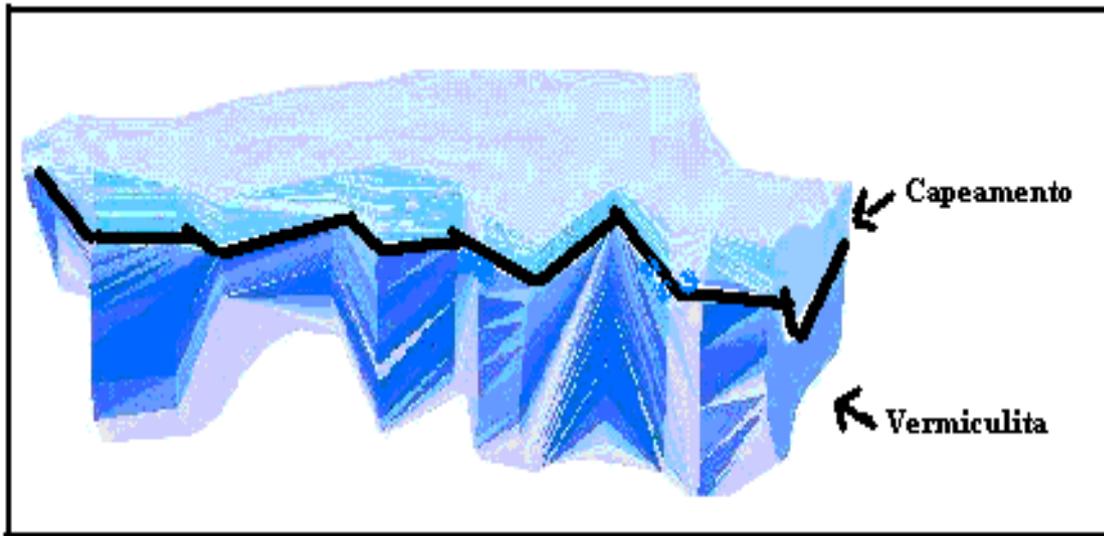


Figura 5. Modelo na direção de leste – oeste (Escala horizontal: 1Cm = 25 m.).

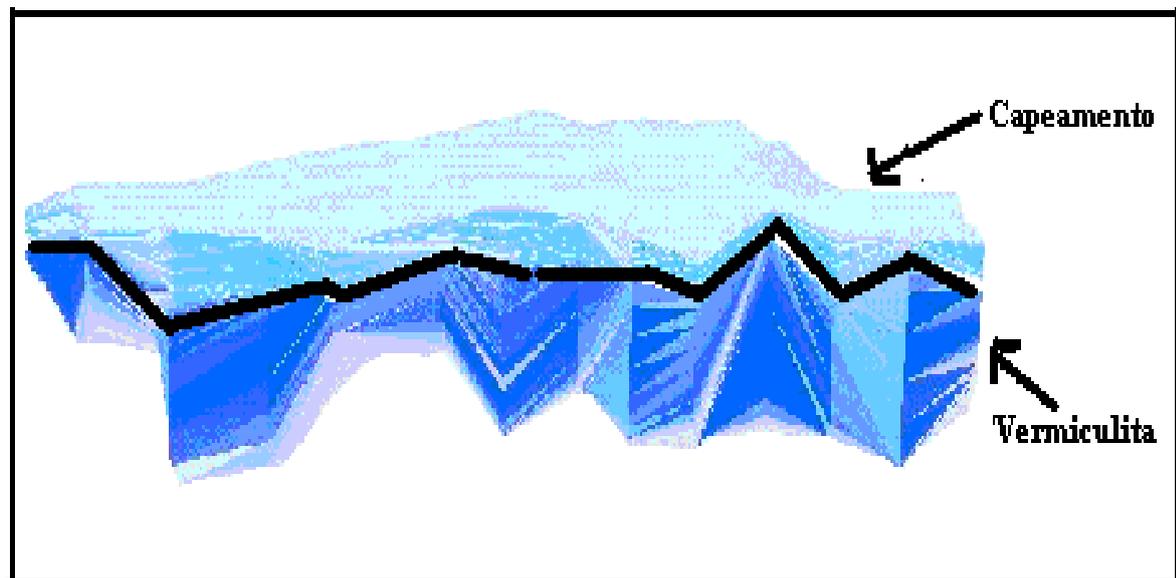


Figura 6 . Modelo na direção leste-oeste

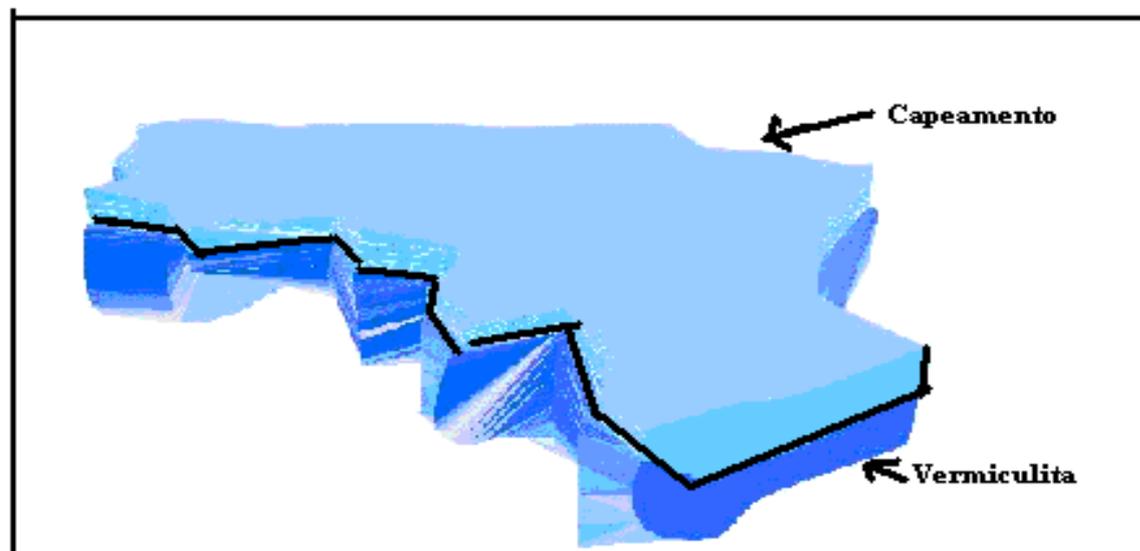


Figura 7. Modelo na direção norte - sul.

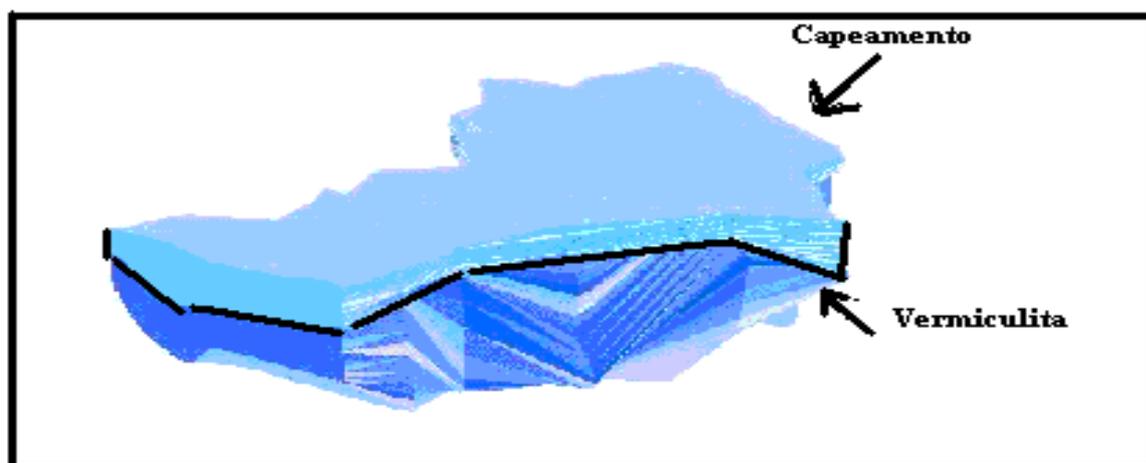


Figura 8. Modelo na direção de norte – sul.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A jazida de vermiculita na área de estudo resultou de alteração das rochas ultra básicas envolvendo uma combinação dos processos envolvendo processos hidrotermal e alteração supergênica dos minerais presentes nas rochas citadas. A rocha original sempre é uma intrusiva de forma altamente irregular com minerais distribuídos irregularmente. Portanto a alteração dos minerais máficos da rocha resulta em uma jazida de vermiculita de forma irregular com tamanhos dos cristais também variados. Por essa razão a espessura de vermiculita varia de 0,85 m a 19,69 m

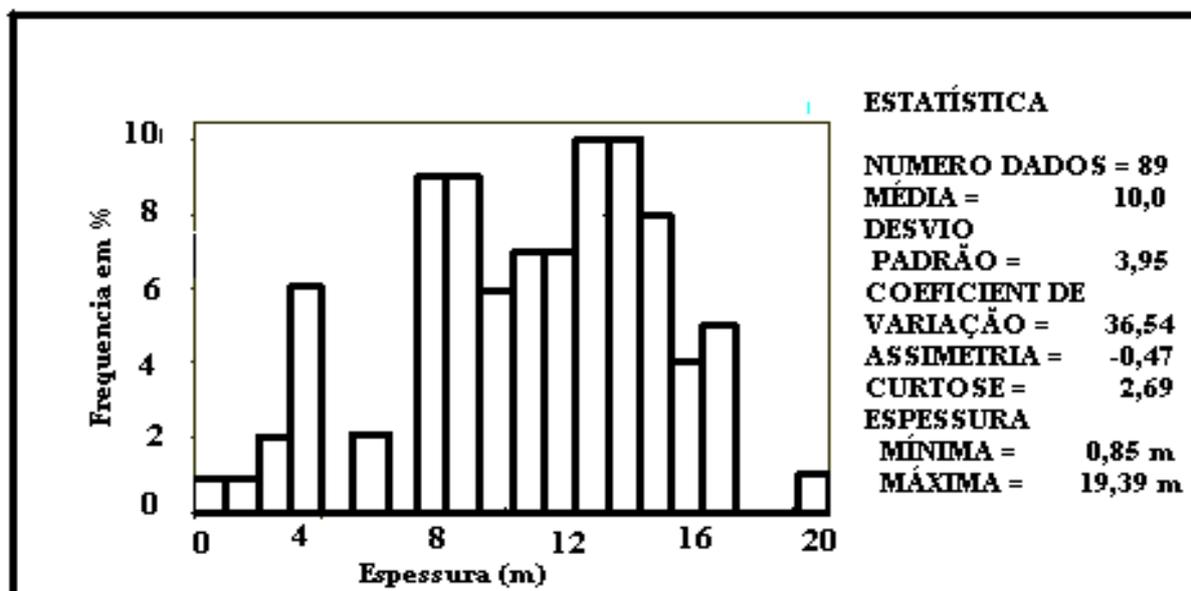


Figura 9. - Histograma de espessura de vermiculite com a estatística.

com a média de 10 m (Figura 9). A irregularidade na variação da espessura é demonstrada pelo o valor de coeficiente que é 36,54 % e bem como pelo histograma que é multimodal e descontínua. Ainda uma combinação dos processos hidrotermal e intemperismo resulta em variação espacial irregular de vermiculita no depósito. Modelamento utilizando o *software Datamine* demonstrou que a jazida poderá ser visualizado em direções e ângulos variados para elabora planos de lavra e calculo de reserva de vermiculita e melhora o seu aproveitamento.

Agradecimentos

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao Gracílio Oliveira e pelo suporte financeiro.

Referencias

- Fernandes, J. L., 1982, Contribuição ao conhecimento geológico do depósito mineral de Massapé e avaliação de suas reservas. Eucatex Mineração Ltda., Report 1, 100 p.
- Melo, E. B., 1997, Relatório de consolidação dos trabalhos na área da mina de vermiculita do Massapé, Queimada Nova – Piauí.: Eucatex Mineração do Nordeste, Report, 120p.
- Oliveira, G. V., 2003, Modelamento e planejamento de lavra da jazida de vermiculita, queimada nova-pi, utilizando software Datamine: M.S. Thesis-UFCG, Campina Grande-PB, Brazil..
- Parente, R.C., 1997, Geologia da vermiculita: Principais Depósitos Mineraiis do Brasil, v.4, DNPM-CPRM, p.621-627.

Roberto, F. A. C., and Parente, R. C., 1997, Deposito de vermiculita de Paulistana, Piauí: Principais Depósitos Minerais do Brasil, v.4, DNPM-CPRM, p.629-634.

Souza Santos P. 1975. Tecnologia de argilas. Vol.2. São Paulo, Edgard Blucher Ltda.802p.